

Bestimmung der Selbstentzündungstemperatur großer Schüttungen mittels isoperiboler und adiabater Warmlagerexperimente

M. Gödde, BASFAG

Schüttungen organischer Stäube neigen bei bestimmten thermischen Randbedingungen zur Selbstentzündung. Ursache für die Selbstentzündung sind exotherme Prozesse (Oxidationen oder Zersetzungen) gepaart mit schlechter Wärmeabfuhr durch die niedrige Wärmeleitfähigkeit in Staubschüttungen. Die Temperatur (T_{SET}), ab der es zur Selbstentzündung kommt, ist vom Volumen-Oberflächenverhältnis (V/A) bestimmt. Ein Ansatz zur einfachen Beschreibung der Grenzbedingung liefert die Theorie von Frank-Kamenetzki [1]: Für das Verhältnis aus thermischer Relaxationszeit und chemischer Zeitkonstante existiert für eine gegebene Geometrie ein Grenzwert, ab dem keine stationäre Temperaturverteilung in der Schüttung mehr möglich ist, so dass es zur Wärmeexplosion kommt.

Basierend darauf wird in der industriellen Praxis nach VDI 2263, UN-Handbuch oder prEN15188 durch isoperibole Warmlagerversuche für verschiedene kleine Volumina im Labormaßstab (maximal 1000 ml) die jeweilige Selbstentzündungstemperatur bestimmt und daraus über eine annähernd lineare Auftragung $\lg(V/A)$ gegen $1/T_{\text{SET}}$ die Selbstentzündungstemperatur für große Schüttvolumina bis zu 100 m³ extrapoliert. Eine elegantere Alternative ist die Extrapolation der Volumenabhängigkeit durch Kombination isoperiboler und adiabater Warmlagerexperimente [2]. Die in der formalkinetischen Analyse des adiabaten Experiments ermittelte Aktivierungsenergie entspricht der Steigung der Extrapolationsgeraden für die Volumenabhängigkeit der Selbstentzündungstemperatur. Nun muss lediglich für ein Volumen die Selbstentzündungstemperatur im isoperibolen Experiment ermittelt werden und man erhält meist ebenso zuverlässige Ergebnisse wie mit der klassischen Methode. Es wird aber auch gezeigt, dass bei bestimmten Reaktionssystemen (z. B. autokatalytisch reagierende oder stabilisierte Stoffe) die Extrapolationen sicherheitstechnisch nicht konservative Ergebnisse liefern können.

[1] Frank-Kamenetzki, Stoff- und Wärmeübergang in der chemischen Kinetik, Springer-Verlag, Berlin 1959

[2] H. Steen: Handbuch des Explosionsschutzes, Kapitel 2.7, VCH, Weinheim 2000